

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年 8 月 25 日 (25.08.2005)

PCT

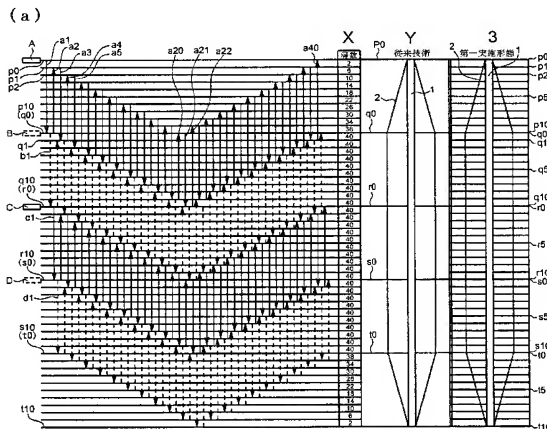
(10) 国際公開番号
WO 2005/077849 A1

- (51) 国際特許分類⁷: C03B 8/04 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/001906 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 大石 敏弘 (OOISHI, Toshihiro). 中村 元宣 (NAKAMURA, Motonori). 石原 朋浩 (ISHIHARA, Tomohiro).
(22) 国際出願日: 2005 年 2 月 9 日 (09.02.2005) (74) 代理人: 中野 稔, 外 (NAKANO, Minoru et al.); 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目 1 番 3 号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).
(25) 国際出願の言語: 日本語 (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ: 特願2004-034899 2004 年 2 月 12 日 (12.02.2004) JP
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号 Osaka (JP).

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING ARTICLE COMPRISING DEPOSITED FINE GLASS PARTICLES

(54) 発明の名称: ガラス微粒子堆積体の製造方法





SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護
が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA,
SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ,
BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE,
BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

ガラス微粒子堆積体の製造方法

技術分野

[0001] 本発明はガラス微粒子堆積体の製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] ガラス微粒子堆積体の製造方法の一つに外付け法(OVD法)がある。OVD法はバーナにガラス原料ガス、可燃性ガス、助燃性ガス、および、不活性ガスを供給し、バーナから噴射した火炎中で火炎加水分解反応や酸化反応によってガラス微粒子を合成し、ガラス微粒子を耐腐蝕性や耐熱性に優れた出発材ロッド(出発材)上に堆積させてガラス微粒子堆積体を合成する方法である。出発材の材質としては、たとえば、ガラス、カーボン、および、アルミナが挙げられる。さらに耐熱性に優れた素材上に耐熱・耐腐蝕性コーティングを行った出発材も知られている。光ファイバ母材の製造においては、コアを含み製品の一部となるガラスロッドを出発材として用いる場合もある。

[0003] 近年では、ガラス原料ガスに代えてガラス微粒子そのものをバーナに供給し、ガラス微粒子を火炎とともにバーナから噴射し、出発材上へ堆積させるOVD法も行われている。二つの供給方法を組み合わせて実施することも可能である。

[0004] OVD法においてガラス微粒子堆積体の製造速度を向上させる方法として、バーナを複数本化した「複数本OVD法」が知られている。図5は複数本OVD法を示す概念図である。1は出発材、2は出発材1にガラス微粒子が堆積されて形成されつつあるガラス微粒子堆積体を示す。バーナA〜Cは、バーナ列を構成している。図5において、バーナ列の上から下への移動を往路、下から上への移動を復路と呼ぶことにする。複数本OVD法においては、バーナ列と出発材1とを相対的に往復移動させるとともに、バーナからガラス微粒子を含む火炎を出発材1に向けて噴射してガラス微粒子堆積体2を製造する。相対的往復移動のためには、バーナ、または、出発材1のいずれを移動させてもよい。

[0005] バーナ列は、バーナ列の最上端にあるバーナAが出発材1上のガラス微粒子堆積

範囲の上端位置q0と対向する位置から下方向へ移動を始める。そして、バーナ列の最下端にあるバーナCがガラス微粒子堆積範囲の下端位置q11と対向した位置で反転し上方向へ移動して元の位置に戻る。バーナ列はこの移動を繰り返し、バーナAは位置q0と位置q9の間、バーナBは位置q1と位置q10の間、バーナCは位置q2と位置q11の間と、それぞれガラス微粒子堆積体2の一定の範囲を相対的に往復移動する。

[0006] バーナ列が一往復したときに出発材1上に堆積されるガラス微粒子の層数を図5の右端に示した。一本のバーナが一回通過することによりガラス微粒子堆積層が1層形成されるので、バーナ一本あたり一往復で2層が形成される。したがって、バーナ列一往復あたりのガラス微粒子堆積層数は、位置q2と位置q9の間では6層で一定となる。このように、堆積層数が一定値となる領域を定常部と呼ぶ。ガラス微粒子堆積体2の両端部にあたる位置q0から位置q2の間、および、位置q9から位置q11の間は両端に近づくほど堆積層数が少なく、テーパ形状を呈する。このように、堆積層数が位置とともに変化する領域を非定常部と呼ぶ。複数本OVD法では、出発材1に対するバーナ列の相対的移動長は定常部の長さより長くなる。

[0007] 加えて、複数本のバーナを等間隔で配置して出発材のほぼ全長に対応する長さのバーナ列を構成してガラス微粒子を堆積する「分割合成OVD法」も知られている。図1は分割合成OVD法を示す概念図である。1は出発材、2はガラス微粒子堆積体、3はバーナ(バーナA〜D)を示す。バーナA〜Dは、ほぼ均等間隔で配置されバーナ列4を構成している。出発材1を中心軸周りに回転させバーナ列4を出発材1の長手方向に往復移動させるとともに、バーナ3からガラス微粒子6を含む火炎5を出発材1に向けて噴射してガラス微粒子堆積体2を製造する。分割合成OVD法では出発材1とバーナ列4の相対的往復運動の振幅は短くなり、出発材1上の所定の堆積区間を各バーナ3に対して割り当てた状態となる。

[0008] 図1は、出発材1に対してバーナ列4を移動する場合を示したが、バーナ列4に対して出発材1が移動してもよく、両者が移動してもよい。また、図1は出発材1が鉛直に配置され、バーナ列4も上下に移動する場合を示したが、出発材1、および、バーナ列4は水平を含めていずれの方向に配置、および、往復移動させることもできる。

[0009] 初期の分割合成OVD法では、バーナ列4をバーナ間隔と概略同じ距離を単純往復

移動させることで、ガラス微粒子堆積体2のバーナ間隔に相当する長さの堆積区間を各バーナ3に割り当てていた。この場合、バーナ3の往復運動の反転位置において、バーナ3の減速に伴う堆積時間の増加や堆積面温度の上昇の影響が蓄積され、ガラス微粒子堆積体2の外径変動が発生しやすい。

[0010] 分割合成OVD法における往復運動の反転位置での外径変動を小さくするために、「ジグザグ方式」が特開平3-228845号公報、および、特開平4-260618号公報で提案されている。「ジグザグ方式」では、バーナ列の往復移動範囲をバーナ間隔の整数倍にするとともに、バーナ列の往復移動における往路と復路の移動距離を少しだけ異ならせる。バーナ列の往復運動の反転位置は、合成開始時点の位置から順次移動し再び合成開始時点の位置に戻る。この間を「一セット」と呼び、この「セット」が複数繰り返される。ジグザグ方式は、バーナ列の往復運動の反転位置を出発材上で分散させ、反転位置での外径変動の要因をガラス微粒子堆積体全体に分散させることができ、それによってガラス微粒子堆積体の外径変動を抑制するものである。

[0011] また、分割合成OVD法における往復運動の反転位置を固定してその反転位置での外径変動を小さくするために、「条件調整方式」が特表2001-504426号公報で提案されている。「条件調整方式」では、バーナ列をバーナ間隔と同一距離だけ単純往復移動しつつ反転位置で堆積条件を調整し、外径変動を低減する。このバーナ列の往復運動における反転位置特有の堆積条件の調整を「反転位置条件調整」と記して、以下のガラス微粒子堆積体の成長に伴う堆積条件変更と区別する。また、以後本明細書においては、複数本OVD法、分割合成OVD法(ジグザグ方式、および、条件調整方式)を含めて、OVD法という。

[0012] OVD法においては、「反転位置条件変更」以外の堆積条件変更も行われる。具体的には、ガラス微粒子堆積体の外径と表面積の増大に伴い、(1)バーナとガラス微粒子堆積体との接触防止のために出発材とバーナとの距離を拡げる、(2)ガラス微粒子の合成速度を大きくするためにバーナへのガラス原料あるいはガラス微粒子の供給量を増やす、(3)増加するガラス微粒子堆積体の割れを抑制するためにバーナの移動速度、ガラス微粒子堆積体を合成する反応容器からの排気量、バーナへ供給される可燃性ガス、助燃性ガス、および、不活性ガスの流量を調節する、(4) 出発材に

堆積するガラス微粒子の量を調節するためにガラス微粒子堆積体に吹き付けているガスの流量を調節する、ということが行われる。以下、(1)〜(4)をまとめてガラス微粒子堆積体の成長に伴う堆積条件変更、略して単に「堆積条件変更」と記す。

[0013] (1)から(4)いずれの堆積条件変更であっても製造工程途中で行うと、特に堆積条件変更時のバーナと出発材との相対位置が固定されている場合や一回当たりの変更が大きな場合には、ガラス微粒子堆積体の外径の変動やガラス微粒子堆積体を焼結して得られるガラス母材の光学特性の変動を生じさせる原因となりうる。

[0014] 複数本OVD法においては、堆積条件変更は、バーナ列が往復運動の反転位置にあるとき、すなわち図5でバーナAが位置q0(バーナBは位置q1、バーナCは位置q2)にあるとき、および、バーナAが位置q9(バーナBは位置q10、バーナCは位置q11)にあるときに行うのが一般的である。それによって、非定常部以外での外径変動や嵩密度の変動が小さい、優れた品質を有するガラス微粒子堆積体2を製造する。たとえば特開2000-44276号公報では、ガラス微粒子堆積体の定常部にバーナが位置しているときにガス流量変更を行うことは、ガラス微粒子堆積体に気泡等が含まれる原因となるため好ましくないとしている。

[0015] しかし、この方法においては、堆積条件変更を行うときに必ずバーナCが位置q2に存在するか、またはバーナAが位置q9に存在することになる。このことからガラス微粒子堆積体2の定常部と非定常部との境界部分(位置q2、および、位置q9)に堆積条件変更による影響が集中することになる。したがって、堆積条件変更による外径変動等が位置q2、および、位置q9から定常部側に広がりやすく、ガラス微粒子堆積体2の外径が均一な部分が短くなりやすく製品歩留まりが低下し、生産性が悪くなりやすい。

[0016] 分割合成OVD法においては、バーナ列の一端のバーナを除くすべてのバーナが常に定常部に存在するので、バーナが非定常部にあるときのみに堆積条件変更を行う方法は実現できない。特に、ジグザグ方式においては、「セット」の区切りで堆積条件変更が行われている。この場合、堆積条件変更は常にバーナ列が合成開始時点の位置にあるときに行われることになる。堆積条件変更によるガラス微粒子堆積の乱れはガラス微粒子堆積体の特定位置に集中することになる。したがって、特定位置において外径変動や光学的性質の乱れが生じる場合が多く、外径変動が少なく、

優れた品質を有するガラス微粒子堆積体の製造方法の確立が求められていた。なお、特開平4-260618号公報には、堆積条件変更に関する記載は見あたらない。

特許文献1:特開平3-228845号公報

特許文献2:特開平4-260618号公報

特許文献3:特開2000-44276号公報

特許文献4:特表2001-504426号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0017] 本発明の目的は、外径変動が少なく長手方向に均一な形状を有するガラス微粒子堆積体の製造方法を提供することである。

課題を解決するための手段

- [0018] 目的を達成するため、複数のバーナからなるバーナ列を出発材に対して相対的に往復移動させるとともにバーナでガラス微粒子を含む火炎を形成させながら、出発材上にガラス微粒子を堆積させる、ガラス微粒子堆積体の製造方法が提供される。この方法では、堆積条件を変更するときのバーナの位置のうち隣り合う位置の間隔が隣り合うバーナの間隔よりも短くなるように、堆積が進行する過程で堆積条件を複数回変更する。ここで、「堆積条件変更」とは、ガラス微粒子堆積体の成長に合わせて実施される条件の変更を意味し、バーナの往復運動の折り返し点で行われる、バーナの減速に対応するための条件変更は含まない。
- [0019] 堆積条件は、バーナに供給する可燃性ガス流量、助燃性ガス流量、および、ガラス原料流量から選ばれる少なくとも一種が望ましく、可燃性ガス流量であると好適である。バーナのそれぞれが、出発材のうちガラス微粒子が堆積される領域のバーナのそれぞれに割り当てられた一部分の範囲内で、出発材に対して相対的に往復移動してもよく、バーナ毎に定めた出発材に対する所定の二つの位置の間を出発材に対して相対的に往復移動してもよい。また、バーナが往復運動における折り返し点の間に位置しているときに前記堆積条件変更を行ってもよい。

発明の効果

[0020] 外径変動が少ないガラス微粒子堆積体が得られる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]図1は、OVD法の一形態である分割合成OVD法の概念図である。

[図2]図2(a)、2(b)は、本発明のガラス微粒子堆積体の製造方法の第一実施形態の概念図である。図2(a)は、バーナの移動パターンとガラス微粒子堆積体の各位置でのガラス微粒子の層の数を示し、図2(b)は、堆積条件変更を示す。

[図3]図3(a)、(b)は、本発明のガラス微粒子堆積体の製造方法の第三実施形態の概念図である。図3(a)は、バーナの移動パターンとガラス微粒子堆積体の各位置でのガラス微粒子の層の数を示し、図3(b)は、堆積条件変更を示す。

[図4]図4は、本発明のガラス微粒子堆積体の製造方法の第四実施形態の概念図である

[図5]図5は、複数本OVD法の概念図である。

符号の説明

- [0022]
- 1 出発材
 - 2 ガラス微粒子堆積体
 - 3 バーナ
 - 4 バーナ列
 - 5 火炎
 - 6 ガラス微粒子

発明を実施するための最良の形態

[0023] 本発明の実施形態が、以下において、図面を参照して説明される。図面は、説明を目的とし、発明の範囲を限定しようとするものではない。図面において、説明の重複を避けるため、同じ符号は同一部分を示す。図面中の寸法の比率は、必ずしも正確ではない。

[0024] (第一実施形態)

図2(a)、(b)は、本発明のガラス微粒子堆積体の製造方法の第一実施形態の概念図である。図2(a)は、バーナの移動パターンとガラス微粒子堆積体の各位置でのガラス微粒子の層の数を示し、図2(b)は、堆積条件変更を示す。第一実施形態は、本発明

のガラス微粒子堆積体の製造方法を分割合成OVD法の「ジグザグ方式」に適用した例であり、ここでは、複数のバーナのそれぞれが、出発材のうちガラス微粒子が堆積される領域の一部分の範囲内で、出発材に対して相対的に往復移動する。ガラス微粒子堆積体の製造は、図1の構成で行われ、各バーナ間の間隔は200 mmである。以下、図2(a)においてバーナ列の上から下への移動を往路、下から上への移動を復路という。

[0025] 図2(a)の位置p0〜t10の横線は、出発材1、および、ガラス微粒子堆積体2の長手方向の各位置に対応しており、たとえば、位置p0、および、位置t10の横線はそれぞれガラス微粒子堆積体2の上端位置、および、下端位置を示す。また、図2(a)に示した矢印a1〜a40等はバーナの動き方を示し、たとえば、矢印a1はバーナAが出発材1上の位置p0から位置p10(位置q0)まで移動することを示す。ガラス微粒子の層の数は、「層数」を示す縦列に数値で示されている。

[0026] 図2(a)に示したバーナ列の移動パターンについて以下に詳しく説明する。図2(a)において、初めに位置p0にあったバーナAは、初めにバーナBがあった位置p10(位置q0)まで下方向に200 mm移動(矢印a1)して、次に折り返して上方向に位置p1まで180 mm移動(矢印a2)する。位置p1にきたバーナAは折り返して下方向に位置q1まで200 mm移動(矢印a3)して、そこで折り返して上方向に位置p2まで180 mm移動(矢印a4)する。以後図2(a)の矢印a5〜a21に示す往路200 mm、および、復路180 mmの折り返し移動を繰り返して、バーナAの往復運動の反転位置を位置p10と位置q10まで移動させる。

[0027] 次に往路200 mm、および、復路220 mmに移動量を変更して矢印a22〜a40に沿ってバーナ列の往復移動を行う。これにより往復運動の反転位置は一往復毎に20 mmずつ復路方向に移動し、位置p0と位置q0に戻る。バーナB〜DもバーナAと一体に移動(たとえば、バーナAが矢印a1で移動するときは、バーナBはb1、バーナCはc1、バーナDはd1の矢印に沿ってそれぞれ移動する)して同様のパターンの移動を行い、各バーナの往復運動の反転位置は200mm往路方向に移動した後、200 mm復路方向に移動し最初にあった位置に戻る。

[0028] バーナAであれば、図2(a)の矢印a1〜a40の一連の動きが一セットである。このセット

を一回または複数回繰り返して行うことにより、ガラス微粒子堆積体を製造することができる。ガラス微粒子堆積体2の一回または複数回のセットを繰り返した後の形状は、図2(a)に示すように、位置 q_0 〜 t_0 の範囲でほぼ同一の外径を有する。位置 p_0 から位置 p_{10} 、および、位置 t_0 〜 t_{10} が非定常部、位置 q_0 〜 s_{10} が定常部である。バーナの反転位置はガラス微粒子堆積体2全体に分散される。

[0029] 第一実施形態においては、堆積条件を変更するときのバーナの位置のうち隣り合う位置の間隔が隣り合うバーナの間隔よりも短くなるように、堆積が進行する過程で堆積条件を複数回変更する。より具体的には、ガラス微粒子堆積体2の製造進行に伴いバーナ列の反転位置毎に堆積条件(ここでは可燃性ガス流量)の変更を行う。図2(b)は、横軸に時間をとり、縦軸にバーナへ供給する可燃性ガス流量を示したグラフである。実線は第一実施形態の可燃性ガス流量変更のパターン例を示し、破線は従来技術における可燃性ガス流量変更のパターン例を示す。図2(b)の横軸は、図2(a)の横軸と対応しており、たとえば、図2(a)において矢印 a_n は、図2(b)における実線 g_2 の左から n 番目の水平部分にあたる。すなわち、実線 g_2 の水平部分はバーナが移動している間を示し、この間は可燃性ガス流量を実質的に変更しない。そして、実線 g_2 の鉛直部分の長さが、バーナが反転するときの可燃性ガス流量の増量を示している。

[0030] 第一実施形態では、可燃性ガス流量の増加はバーナが反転するとき毎に少量ずつ段階的に行う。バーナ反転時におけるバーナの位置を出発材1またはガラス微粒子堆積体2上に示したものが図2(a)右側の「第一実施形態」として示した図の位置 p_0 〜 t_{10} であり、出発材1上の20mm間隔で離れた多数の異なる分散された位置において可燃性ガス流量の変更を少量ずつ行ったことになる。

[0031] これに対して従来技術は、図2(b)の破線 g_1 のように、バーナ列の往復運動の一セットの区切り目、すなわち、バーナ列が最初にあった位置に戻ったとき、まとめて堆積条件変更を行っていた。したがって、第一実施形態と比較して一度に行う堆積条件変更量を大きくせざるを得なかった。

[0032] また、従来技術では、堆積条件変更を行うときのバーナ位置は出発材1に対して常に同じ位置になる。この場合の出発材1に対するバーナ位置を図2(a)に「従来技術」と

して示した。従来技術においては、位置 p_0 、 q_0 、 r_0 、 s_0 、および、 t_0 にバーナがあるときのみに堆積条件変更を行うので、堆積条件を変更した各位置に堆積条件変更の影響が集中してしまい、これらの位置でガラス微粒子堆積体2の外径変動や光学特性の変動が大きくなりやすい。

[0033] 加えて、従来技術では、ガラス微粒子堆積体2の定常部と非定常部との境界部分、すなわち図2(a)の位置 p_{10} (位置 q_0)、および、位置 s_{10} (位置 t_0)にバーナが来たときに堆積条件変更が行われる。定常部と非定常部との境界部分は、非定常部のテーパ形状の開始点であり元来外径変動を起こしやすい位置であるので、ここで堆積条件変更を行うと、外径変動が定常部側に広がりやすく、外径が均一な部分の範囲が狭くなりやすい。そのため、製品歩留まりが低下し、生産性が低下する。これに対し、第一実施形態は、この定常部と非定常部との境界部分にバーナが位置するときに堆積条件変更が集中することなく、外径変動が定常部側に広がることを抑制できるため、製品歩留まりを向上させることができる。

[0034] 図2(b)の実線 g_2 のように、堆積条件変更回数を増やし、代わりに一回あたりに行う堆積条件変更量を小さくすることにより、一回当たりの堆積条件変更の影響を小さくでき、かつ堆積条件変更をバーナ列の往復運動の反転時毎に行うことによって条件変更に伴うガラス微粒子堆積の変動の影響をガラス微粒子堆積体2上で分散することができる。これによって、全体に外径変動の少ないガラス微粒子堆積体2を得ることができる。

[0035] また、複数本OVD法において、非定常部と定常部の境目部分に堆積条件変更の影響が集中することによって発生する外径変動の抑制も可能であり、外径が均一な部分を長くすることができる。これにより、たとえば、光ファイバ母材としてガラス微粒子堆積体2を用いる場合やその中間製品となるガラス部品を製造する際の製品歩留まりを向上させることができる。

[0036] 第一実施形態では、バーナ反転時毎に堆積条件を変更した。しかし、本発明のガラス微粒子堆積体の製造方法においては、堆積条件変更がなされるときにバーナ位置の間隔をバーナ間隔より短い間隔で出発材上に分散させるのであれば、堆積条件変更は、バーナの折り返し回数よりも少ない回数で行ってもよい。また、バーナ列

の往復運動の反転位置の移動距離は2cmに限定されるものではなく所望する品質のガラス微粒子堆積体が製造できる範囲で大きくするなど、適宜変更することができる。

[0037] 隣接バーナとの火炎干渉が発生するとガラス微粒子の堆積状態が不安定となるため、バーナ間隔は100 mm程度以上にすることが好ましい。これに対して、出発材上に分散された堆積条件変更時のバーナ位置の間隔は100 mmより短くすることが好ましく、60 mm以内にすることがさらに好ましく、25 mm以内にすることが特に好ましい。この間隔は狭いことが好ましい。

[0038] 出発材上に分散された堆積条件変更時のバーナ位置の間隔(たとえば、図2(a)の右側の第一実施形態の図における位置 p_n と位置 p_{n+1} の間隔)を20mmとして堆積条件変更を行うことは十分に可能であり、制御装置の精度からすれば堆積条件変更時のバーナ位置の間隔(分散間隔)を10mmや5mmの間隔にすることが可能である。このことからガラス微粒子堆積体を製造する設備の能力に応じて適切に分散間隔を定めることができる。

[0039] 第一実施形態では、堆積条件変更として可燃性ガス流量を変更したが、変更する堆積条件は、バーナに供給する可燃性ガス流量、助燃性ガス流量、および、ガラス原料流量から選ばれる少なくとも一種であってもよい。可燃性ガス流量を変更する場合は、堆積条件変更一回当たりの変更量は、2SLM(標準状態における毎分ごとの流量)以下が好ましく、1SLM以下がさらに好ましい。堆積条件変更一回あたりの変更量をできるだけ小さくすることにより、ガラス微粒子堆積体2の外径変動を小さくすることができる。また、バーナ列の往復運動の反転位置毎に可燃性ガスを変更する場合、一回当たりの変更量を0.3SLMと少なくしても、変更を40回行うことによって一セットあたり12SLMの変更を行うことが可能であり、ガラス微粒子の堆積に対応した十分な堆積条件変更を行うことができる。

[0040] (第二実施形態)

第二実施形態は、本発明のガラス微粒子の堆積方法を分割合成OVD法の「条件調整方式」に適用した例であり、ここでは、複数のバーナのそれぞれが、バーナ毎に定めた出発材に対する所定の二つの位置の間を出発材に対して相対的に往復移動

する。そして、所望する間隔をあけて堆積条件変更時のバーナ位置を出発材上に分散させて、堆積条件変更を実施する。

- [0041] たとえば、図1のように、200 mm間隔に4本のバーナを配置してバーナ列を構成し、バーナ列が往路200 mm、復路200 mmの単純往復移動を行っている場合を考える。往路・復路ともにバーナが往復運動の一端から0 mm、20 mm、40 mm、・・・、180 mm、および、200 mmの位置に来たときに堆積条件変更を実施すれば、第一実施形態と同じ間隔で出発材上に堆積条件変更位置を分散することができる。条件調整方式においてもすべてのバーナが非定常部に存在することはないため、本発明を適用することで堆積条件変更に伴う外径変動が少なく、優れた光学特性を有するガラス微粒子堆積体を製造することができる。

- [0042] (第一実施形態、第二実施形態の変形例)

分割合成OVD法において、時間を基準にして堆積条件を変更する方法を用いることもできる。時間を基準とした場合は、往復移動の反転位置を分散させるか否かといった往復移動方法に関係なく堆積条件変更を実施することが容易であり、堆積条件を変更する間隔をさらに短くすることによって、可燃性ガスの増量を行うときのバーナ位置を出発材上にさらに短い間隔で分散することが可能になる。また、一回あたりの堆積条件変更量をさらに小さくすることが可能である。また、出発材上の特定位置に堆積条件変更を集中させない制御方法の実現が可能である。たとえば、「条件調整方式」であれば、往復移動速度を200 mm/分とした場合、往復運動の一端から6秒、12秒、・・・と6秒刻みで堆積条件変更を行うことで、20 mm間隔で堆積条件変更時のバーナ位置を分散させることができる。

- [0043] 時間を基準にして堆積条件を変更する方法は、相対的な往復移動の反転位置移動パターンとは独立に堆積条件変更パターンを制御することが可能であり、反転位置に特有の外径変動を抑制するために最適な反転位置の移動パターンと、堆積条件変更に伴う外径変動を抑制するために最適な堆積条件制御パターンが異なるような状況が発生しても両方について最適な制御を行うことが可能である。

- [0044] (第三実施形態)

第三実施形態は、本発明のガラス微粒子堆積体の製造方法を「複数本OVD法」に

適用した例である。図3(a)、(b)は、本発明のガラス微粒子堆積体の製造方法の第三実施形態を説明する概念図であり、図3(a)は、バーナの移動パターンとガラス微粒子堆積体の各位置でのガラス微粒子の層の数を示し、図3(b)は、堆積条件変更を示す。第三実施形態の具体例では、3本のバーナA〜Cを間隔100 mmで配置したバーナ列を用いて、堆積条件変更をバーナAが位置p0〜p18それぞれにあるときに分散させて行い、しかも一回当たりの変更量を小さくする。

[0045] 堆積条件変更としてバーナに供給する可燃性ガス流量の増加を例にとりて以下説明する。図3(b)は、横軸にバーナAの位置をとり、縦軸にバーナへ供給する可燃性ガス流量を示したグラフである。実線は第三実施形態の可燃性ガス流量の変更パターンを示し、破線は従来技術における可燃性ガス流量の変更パターンを示す。

[0046] 第三実施形態では、バーナAは出発材の一端側にある位置p0から出発材の他端側に向けて移動を開始する。可燃性ガス流量は位置p0から位置p1まで流量X0で一定であり、位置p1で流量X1に増加させる。同様に、位置p1から位置p2までは流量X1で一定であり、位置p2で流量X2に増加させる。このような可燃性ガス流量の変化を繰り返して、バーナAは反転位置p18まで進む。可燃性ガス流量を、位置p18で流量X18に増加させてからバーナAは図3(b)の左方向へ戻り、往路と同様にバーナ移動と可燃性ガス流量増加とを行いながら位置p0に戻る。他のバーナB、バーナCについても出発材に対する最初の位置の違いはあるが、出発材に対するバーナの移動パターンと可燃性ガス流量の増加パターンは同じである。

[0047] 一方、従来技術では、可燃性ガス流量を図5の最初の位置q0からバーナ移動範囲の他端である位置q9まで流量X0で一定とし、バーナがq9に来たら流量X18に増加させる。続いて、可燃性ガス流量を位置q9から位置q0まで流量X18で一定とし、バーナが位置q0に来たら流量X36に増加させる。

[0048] 図3(b)には、出発材に対するバーナの位置を基準として可燃性ガス流量の増加を行う場合を示したが、このような堆積条件変更パターンは第一・第二実施形態の変形例のように、ほぼ一定時間毎に堆積条件を変更することによっても実現することが可能である。位置、時間のいずれを基準としても、ガラス微粒子堆積体全体に堆積条件変更時のバーナ位置を分散することができる。

[0049] バーナー往復あたりのバーナーへの可燃性ガス増加量を同じ値にする場合、従来技術では q_0 、および、 q_9 にバーナーがあるときに大きな量の可燃性ガス増加を行う必要があるのに対して、第三実施形態によれば堆積条件変更時のバーナーの位置をガラス微粒子堆積体全体に分散させ、かつ一回あたりの可燃性ガス流量変化を小さくすることができる。これによって特定位置に堆積条件変更の影響を集中させないようにして外径変動等を少なくし、定常部の範囲を広く確保して製品歩留まりを向上させることができる。

[0050] ところで、第三実施形態において特開2000-44276号公報が好ましくないとした堆積条件変更が可能となったのは、次のような理由によるものと考えられる。すなわち、第三実施形態においては、ガラス微粒子堆積体の定常部において堆積条件変更、たとえば、バーナーへの可燃性ガス流量の変更を行う場合でも、堆積条件変更時のバーナー位置をガラス微粒子堆積体全体に短い間隔で分散させることによって、ガラス微粒子堆積体の嵩密度分布やガラス微粒子の実着量などの局所的な変化が抑制されている。このため焼結透明化の際に行う脱気工程において、局所的な脱気状態の変化がなく、気泡が残留しないガラス透明体を得ることができる。

[0051] (第四実施形態)

第四実施形態では、往復運動における折り返し点以外の位置に減速区間を設け、バーナーが減速区間に位置しているときに堆積条件変更を行う。図4は、本発明のガラス微粒子堆積体の製造方法の第四実施形態を説明する概念図である。第四実施形態の具体例では、3本のバーナーA-Cを200 mm間隔で配置したバーナー列が振幅が200 mmである往復移動を出発材の長手方向に沿って行う。同時に、回転する出発材に対してガラス微粒子を吹き付けガラス微粒子堆積体を製造する。この際、バーナーの移動中に移動速度を一時減速するとともに、減速区間において堆積条件変更を行う。図4において横軸はバーナーの位置であり、縦軸は移動速度である。図4の位置 p_0 と位置 p_{20} の距離は200 mm、位置 p_n と位置 p_{n+1} の距離は10 mmである。

[0052] バーナーAに着目すると、1往復目は初めの10mm(位置 $p_0 \sim p_1$)は50mm/minの速度で移動し、次の10mm(位置 $p_1 \sim p_2$)で800mm/minまで加速し、以後反転位置 p_{20} まで800mm/minで移動する。続いて減速することなく800mm/minの速度

で最初の位置p0まで戻る。2往復目は、最初の位置p0から800mm/minの速度で移動し始め、10mm移動する間(位置p0→p1)に50mm/minまで減速し、次の10mm(位置p1→p2)を50mm/minの速度で移動し、次の10mm(位置p2→p3)を移動する間に速度を50mm/minから800mm/minまで加速し、それ以後反転位置まで800mm/minの速度で移動する。続いて、800mm/minの速度で移動して最初の位置p0まで戻る。

- [0053] このようにバーナAの移動速度を所定範囲(低速移動範囲)10 mmについては50mm/minとし、その低速移動範囲の前後10mmより外側の範囲では800mm/minとしてバーナ移動を行う。そして50mm/minでバーナを移動する低速移動範囲を出発材に対してバーナが往復移動する毎に順次移動させる。低速移動範囲は、1往復目では位置p0→p1、2往復目では位置p1→p2、20往復目では位置p19→p20となる。本方法によれば20往復を一単位としてバーナ低速移動範囲が出発材全体に移動することになる。
- [0054] 従来の分割合成OVD法では、往復移動の反転位置において堆積面温度が高温となる。一方、第四実施形態では、往復移動の反転位置より低速移動範囲において堆積面温度が高温となる。低速移動範囲はガラス微粒子堆積体全体にほぼ均等に分散されるため、バーナの往復移動の反転位置で発生する温度上昇の影響は小さいものとなり、反転位置特有の外径変動を抑制することが可能である。
- [0055] さらに、バーナが低速移動範囲を通過するたびごとにガラス微粒子合成条件を変更する、たとえば、ガラス原料を少なくしているので、外径変動が小さく、品質に優れたガラス微粒子堆積体を製造することが可能である。
- [0056] 本往復移動方式においても、相対移動においてバーナまたは出発材のどちらを往復移動させてよい。また、往路に替えて復路に低速移動範囲を設けることもできる。また、一回の往復移動において複数箇所低速移動範囲を設けてもよく、往復移動速度においても適宜設定できる。バーナの相対的な往復移動を行いながら出発材へのガラス微粒子堆積を実施する上で、バーナの低速移動範囲における堆積面温度が往復移動の反転位置の堆積面温度より高温となるように低速移動範囲の間隔、出現回数、および、往復移動速度を適時調整すればよい。

[0057] 上記往復移動方式において、堆積条件変更時の出発材に対するバーナ位置を低速移動範囲を基準とする以外に、時間を基準としても良い。第四実施形態では、可燃性ガスの増量を行うときのバーナ位置をガラス微粒子堆積体全体に10mm間隔で分散するとともに、一回当たりに行う可燃性ガスの増量を小さくすることを実現しており、これらによって堆積条件変更による影響がガラス微粒子堆積体上の特定位置に集中することなく、外径変動が小さい、高品質のガラス微粒子堆積体を製造することが可能である。

[0058] いずれの実施形態においても、本発明における堆積条件変更は、条件変更一回当たりの変化量が所定の量以下となるように、予め条件変更するときのバーナ位置と条件変更する回数を決定し、それに従って条件変更を行うことも好ましい。また、本発明における堆積条件変更は、バーナに供給するガラス微粒子、ガラス原料、可燃性ガス、助燃性ガス、および、不活性ガス等に関する変更や、出発材とバーナとの距離、バーナから噴射されたガラス微粒子が出発材上にあたる位置等の変更である場合は、条件の変更を複数のバーナで同時に行っても、各バーナで個別に行ってもよい。

実施例 1

[0059] バーナの移動パターンは第四実施形態の具体例と同じとし、低速移動範囲をバーナが通過するごとにバーナへ供給する可燃性ガス流量を0.15SLMずつ増加させ、可燃性ガス流量の増加を行うときのバーナの位置をガラス微粒子堆積体の長手方向に10mm間隔で分散させる。バーナの往復移動は600回行う。得られるガラス微粒子堆積体の定常部の長さは430mmであり、外径は180 mm $\phi \pm 1.5$ mm以内である。ガラス微粒子堆積体の両端のテーパ部形状は良好であり、変形は認められない。

[0060] 実施例1においては、低速移動範囲がガラス微粒子堆積体の長手方向に均一に分散されている。低速移動範囲以外ではバーナ移動速度は800mm/minであるから、バーナ20往復毎に見ればガラス微粒子堆積体の定常部上のいかなる位置においてもガラス微粒子堆積層数、および、バーナの平均移動速度は等しい。実施例1では、バーナ往復移動を600回行っているため、バーナ20往復を30回行っている。し

たがって、ガラス微粒子堆積体の製造開始から終了まで全体でもガラス微粒子堆積体の定常部上のいかなる位置においても、ガラス微粒子堆積層数、および、バーナの平均移動速度は等しい。

[0061] バーナの平均移動速度は、出発材またはガラス微粒子堆積体の定常部のすべての場所で同じことが最も好ましく、実質的に同じであることが好ましいが、ガラス微粒子堆積体の定常部の外径に大きな変動を生じさせない範囲で多少の変動は許される。

[0062] 以上のとおり、本発明の方法を用いることにより、定常部における外径変動の小さく、定常部の長さも長いガラス微粒子堆積体を製造することができる。

[0063] (比較例1)

バーナの移動パターンは実施例1と同じであるが、可燃性ガスの流量の変更はバーナが反転する毎に0.075SLM増加させ、往復移動を600回行って多孔質ガラス微粒子堆積体の製造を行う。得られるガラス微粒子堆積体の長さは700mmであり、定常部の長さは400mmである。定常部の外径の平均値は180 mm ϕ であり、定常部上にあるバーナ反転位置での外径はそれよりも6mm小さい。両端の非定常部は一部は変形する。この位置は可燃性ガス流量の増加を行ったときに、用いたバーナのうちの一本が存在する位置である。

[0064] (比較例2)

バーナの移動パターンは実施例1と同じであるが、可燃性ガスの流量の変更はバーナが20往復する毎にバーナの反転位置において3SLMずつ行うようにし、バーナの往復移動を600回行ってガラス微粒子堆積体の製造を行う。得られるガラス微粒子堆積体は比較例1とほぼ同じ大きさであるが、ガラス微粒子堆積体の定常部上にあるバーナ反転位置での外径は定常部の外径の平均値より10mm小さく、両端の非定常部の変形は比較例1の場合よりもさらに大きくなっている。ガラス微粒子堆積体の外径が均一な部分の長さは350mmであり、比較例1よりも歩留まりは低い。

[0065] 日本特許出願2004-073028(2004年 3月15日出願)の明細書、クレーム、図面、要約書を含むすべての開示は、本明細書に統合される。

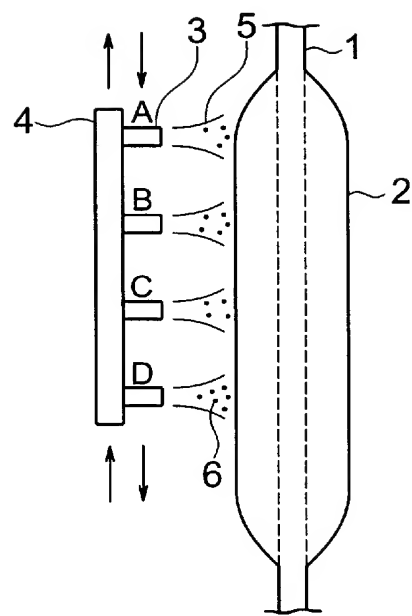
産業上の利用可能性

[0066] 長手方向に対する外径変動が少なく、定常部の長いガラス微粒子堆積体を製造することが可能になるので、光ファイバ母材やその中間製品として好適である。

請求の範囲

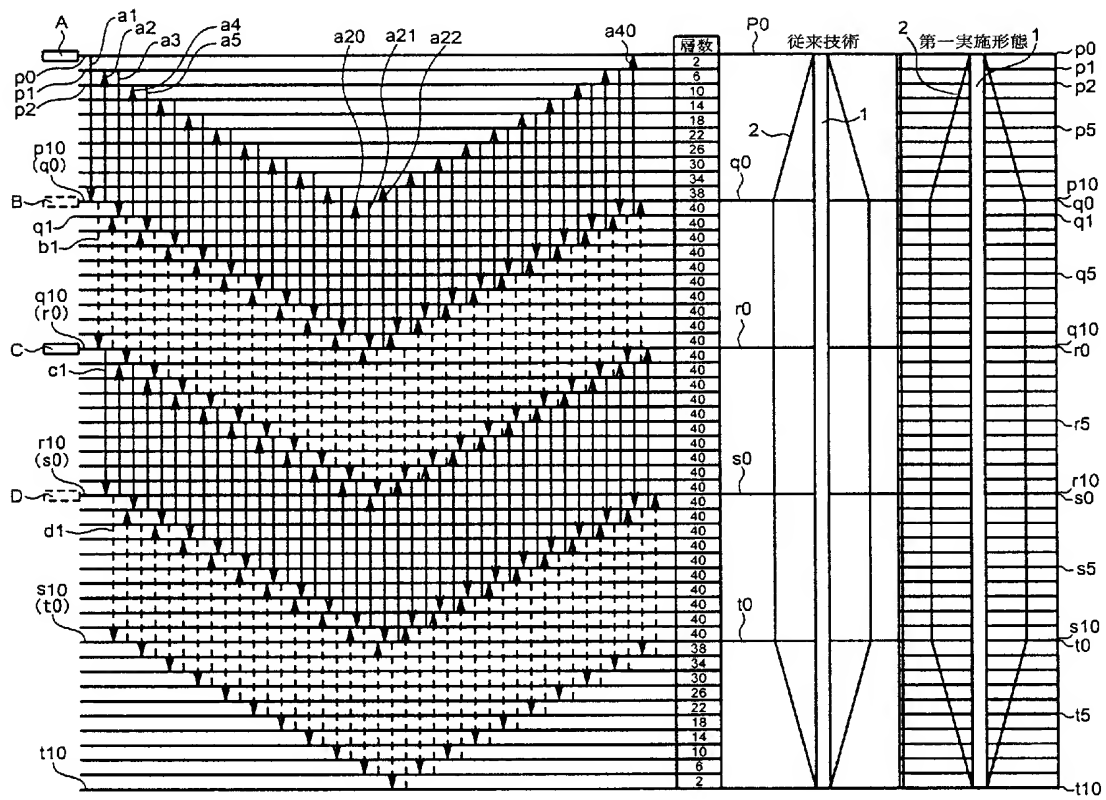
- [1] 複数のバーナからなるバーナ列を出発材に対して相対的に往復移動させるとともに前記バーナでガラス微粒子を含む火炎を形成させながら、前記出発材上に前記ガラス微粒子を堆積させる、ガラス微粒子堆積体の製造方法であって、
堆積条件を変更するときの前記バーナの位置のうち隣り合う位置の間隔が隣り合うバーナの間隔よりも短くなるように、堆積が進行する過程で前記堆積条件を複数回変更するガラス微粒子堆積体の製造方法。
- [2] 請求項1のガラス微粒子堆積体の製造方法において、
前記堆積条件は、前記バーナに供給する可燃性ガス流量、助燃性ガス流量、および、ガラス原料流量から選ばれる少なくとも一種であるガラス微粒子堆積体の製造方法。
- [3] 請求項2のガラス微粒子堆積体の製造方法において、
前記堆積条件は、前記バーナに供給する可燃性ガス流量であるガラス微粒子堆積体の製造方法。
- [4] 請求項1または2のガラス微粒子堆積体の製造方法において、
前記バーナのそれぞれが、前記出発材のうちガラス微粒子が堆積される領域の前記バーナのそれぞれに割り当てられた一部分の範囲内で、前記出発材に対して相対的に往復移動するガラス微粒子堆積体の製造方法。
- [5] 請求項4のガラス微粒子堆積体の製造方法において、
前記バーナのそれぞれが、前記バーナ毎に定めた前記出発材に対する所定の二つの位置の間を前記出発材に対して相対的に往復移動するガラス微粒子堆積体の製造方法。
- [6] 請求項1〜4のいずれか一項のガラス微粒子堆積体の製造方法において、
前記バーナが往復運動における折り返し点の間に位置しているときに前記堆積条件変更を行うガラス微粒子堆積体の製造方法。

[図1]

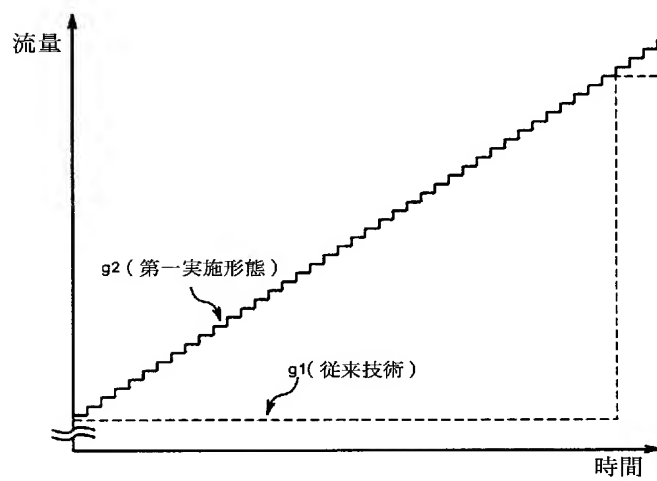


[図2]

(a)

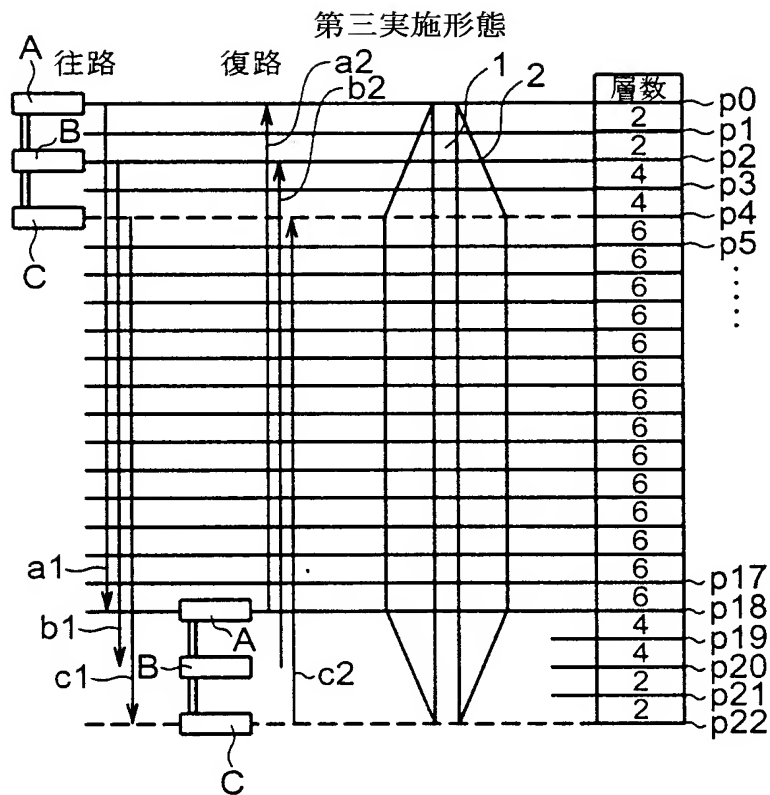


(b)

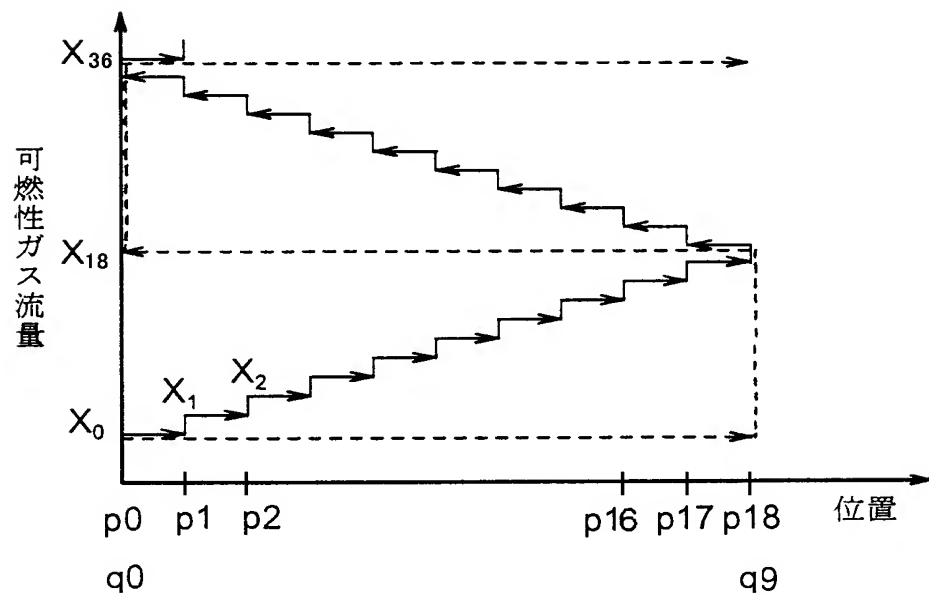


[図3]

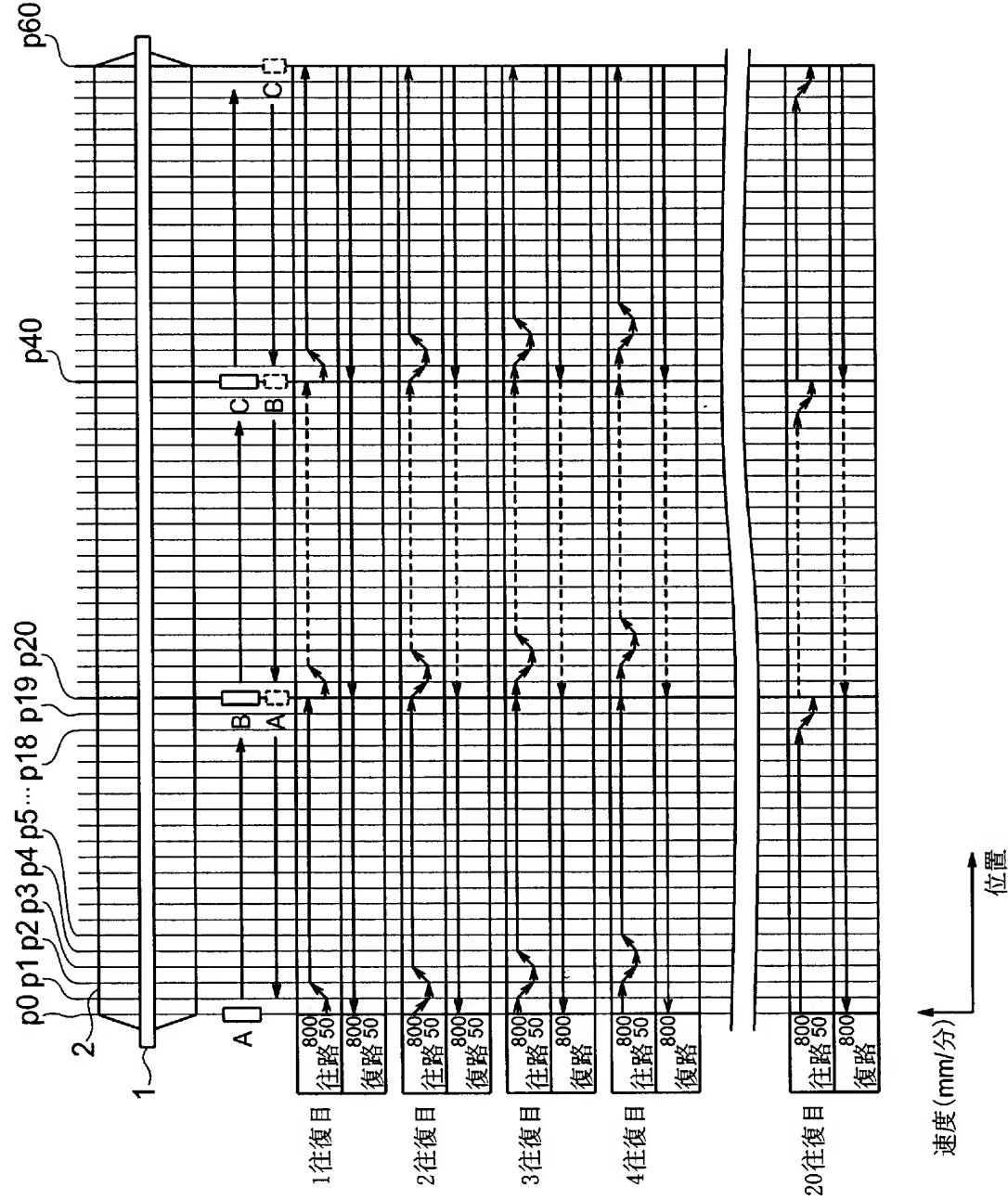
(a)



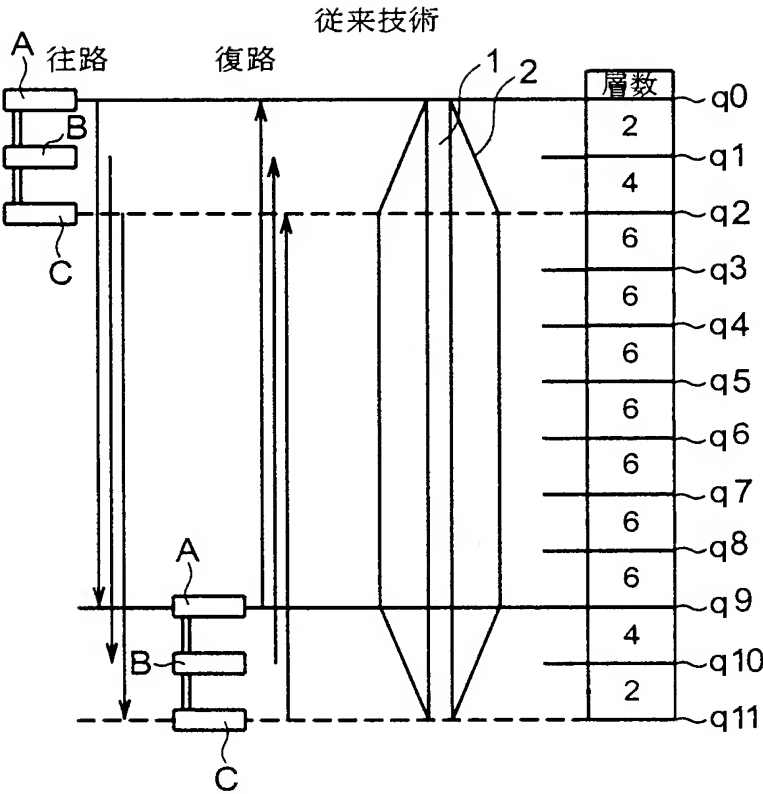
(b)



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/001906

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl.⁷ C03B8/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ C03B8/00-8/04, 19/14, 20/00, 37/018

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 10-120430 A (Fujikura Ltd.), 12 May, 1998 (12.05.98), Claims; Par. No. [0011]; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1-6
A	JP 2000-272929 A (Mitsubishi Cable Industries, Ltd.), 03 October, 2000 (03.10.00), Claims; Par. Nos. [0014] to [0021]; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1-6
A	JP 2003-81645 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 19 March, 2003 (19.03.03), Claims; Par. Nos. [0008] to [0014]; Figs. 1, 2 (Family: none)	1-6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
25 April, 2005 (25.04.05)Date of mailing of the international search report
17 May, 2005 (17.05.05)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/001906

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-220235 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 09 August, 2002 (09.08.02), Claims; Figs. 1 to 5 & US 2003/0003228 A1 & EP 1340724 A1 & WO 2002/042231 A1	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl.⁷ C03B8/04

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl.⁷ C03B8/00-8/04, 19/14, 20/00, 37/018

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

WPI

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 10-120430 A（株式会社フジクラ）1998.05.12, 特許請求の範囲, 【0011】, 図1-3（ファミリーなし）	1-6
A	JP 2000-272929 A（三菱電線工業株式会社）2000.10.03, 特許請求 の範囲, 【0014】-【0021】, 図1-5（ファミリーなし）	1-6
A	JP 2003-81645 A（住友電気工業株式会社）2003.03.19, 特許請求の 範囲, 【0008】-【0014】, 図1,2（ファミリーなし）	1-6

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

25.04.2005

国際調査報告の発送日

17.5.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

永田 史泰

4T

3342

電話番号 03-3581-1101 内線 3465

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2002-220235 A (住友電気工業株式会社) 2002.08.09, 特許請求 の範囲, 図 1-5 & US 2003/0003228 A1 & EP 1340724 A1 & WO 2002/042231 A1	1-6